Sukandarrumidi
Herry Zadrak Kotta
Djoko Wintolo

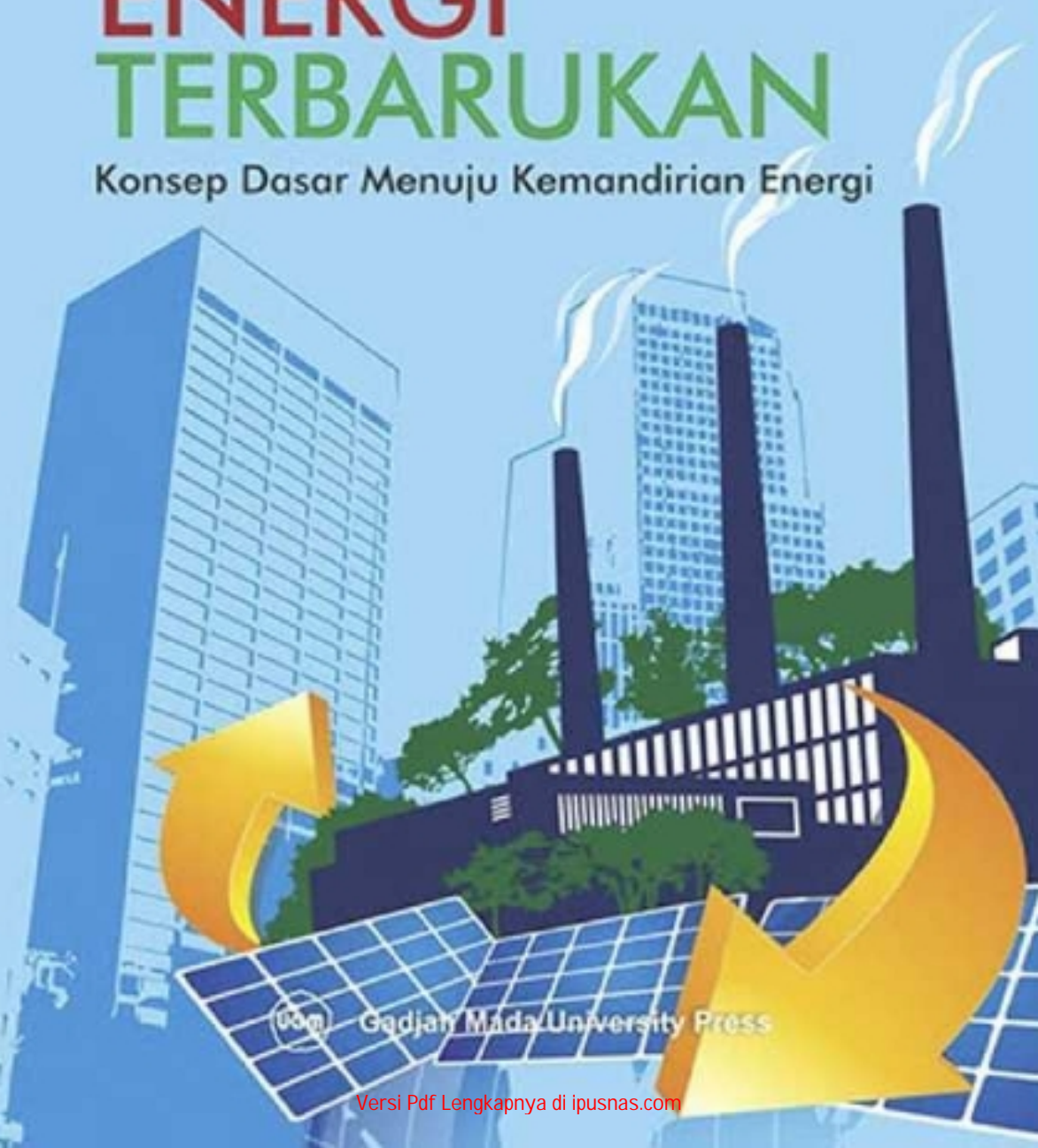
Edisi Warna

ENERGI TERBARUKAN

Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi

ENERGI TERBARUKAN

KONSEP DASAR MENUJU KEMANDIRIAN ENERGI

Sukandarrumidi
Herry Zadrak Kotta
Djoko Wintolo

GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

ENERGI TERBARUKAN: KONSEP DASAR MENUJU KEMANDIRIAN ENERGI

Penulis:
Sukandarrumidi, Herry Zadrak Kotta, Djoko Wintolo

Korektor:
Siti

Desain sampul:
Anton

Tata letak isi:
Sambayun

Diterbitkan dan dicetak oleh:
Gadjah Mada University Press
Anggota IKAPI

ISBN: 978-602-386-033-3
1511301-C1E

Redaksi:
Jl. Grafika No. 1, Bulaksumur
Yogyakarta, 55281
Telp./Fax.: (0274) 561037
www.gmup.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

Cetakan pertama **:** Desember 2013
Cetakan kedua (revisi) **:** Desember 2015
2114.135.12.15

PENGANTAR

Pencipta alam semesta, yaitu Sang Khalik telah menjadikan bumi dan kekayaan yang ada di dalamnya bersama dengan umat-Nya. Kekayaan alam-Nya yang menghidupi manusia wajib dikelola dengan bijak untuk menjaga keberlangsungan hidup generasi mendatang. Keteledoran atau ketidak-serasian dalam mengelola alam beserta isinya akan berakibat menyengsara-kan anak cucunya, yang apabila hal ini berlangsung berkelanjutan akan berakibat pada kepunahan. Manusia adalah makhluk Tuhan yang paling cerdik di antara semua kehidupan yang diciptakan-Nya. Manusia dapat berbuat apa saja terhadap alam, namun harus dipilih kegiatan yang tidak merusak apalagi menghancurkan. Oleh sebab itu dalam melaksanakan kegiatan hidupnya manusia diwajibkan mengenal dan melaksanakan etika dan estetika. Etika berkaitan dengan apa yang boleh dilakukan, dan apa yang dilarang untuk dilakukan, sedang estetika berkaitan dengan keindahan, keserasian hubungan antarmanusia. Dalam melaksanakan etika dan estetika dituntun oleh konsep berkarya. Salah satu tuntunan yang dapat dilakukan yaitu (3S). S pertama diambil dari kata *Sanctitas*, diartikan sebagai kesucian, kejujuran dengan berpegangan pada ajaran agama. Orang hidup wajib memegang kesucian dan wajib berpedoman pada kejujuran. Kesucian dan kejujuran seperti permukaan keping uang logam yang tidak dapat dipisahkan, di satu sisi menempel kesucian dan pada sisi lainnya melekat kejujuran. Sifat suci dan sifat jujur wajib terekat kuat pada diri sendiri dan juga pada saat berhadapan dengan orang lain. S kedua diambil dari kata *Sanitas*, diartikan sebagai kesehatan, kesehatan jasmani dan rohani. Kesehatan pada diri sendiri dan kesehatan orang lain, tanpa melihat perbedaan agama, suku maupun keturunan. Pada Sanitas tidak dikenal kelas, tidak sehat dapat diderita siapa saja, S ketiga diambil dari kata *Scientia*, diartikan sebagai pengetahuan maupun ilmu pengetahuan. Pengetahuan itu tidak ada batasnya, dan wajib dipelajari. Pembelajaran merupakan suatu proses panjang yang tidak dapat diperoleh sesaat, dalam waktu yang singkat. Banyak tantangan dan godaan siap menghadang dalam pembelajaran. Tidak seperti mendapatkan titik-titik air hujan. Apabila semua orang yang merasa hidup di dunia melaksanakan konsep (3S), dunia akan aman, hidup dijamin

sejahtera tidak kekurangan suatu apa. Orang hidup harus optimis, memiliki konfidensi tinggi.

Di samping konsep (3S), ada lagi tuntunan yang perlu dilaksanakan, yaitu Prestasi, Doa dan Aktivitas Kerja. Terdapat korelasi positif dan bersinergi di antara ketiganya, yang dirumuskan sebagai berikut: Prestasi = Doa + Aktivitas Kerja. Rumusan tersebut dapat diterjemahkan sebagai berikut. Prestasi, tidak akan muncul bila tidak diawali dengan berdoa terlebih dahulu yang dituntun oleh ***Sanctitas*** (kesucian dan kejujuran), walaupun anda melakukan aktivitas kerja dengan tuntunan ***Sanitas*** dan ***Scientia***. Tanpa doa, Anda berjalan tanpa pelita, tanpa lampu, menabrak ke sana ke mari dengan tujuan untuk menggapai keuntungan diri pribadi, merugikan dan mengambil rezeki orang lain, meskipun kegiatan itu dituntun oleh *Scentia* (pengetahuan dan ilmu pengetahuan), dan *Sanitas* (kesehatan) prima. Meskipun demikian, apabila Anda hanya berdoa saja, meski dituntun oleh *Sanctitas* (kesucian, kejujuran berpedoman pada ajaran agama), tanpa ada aktivitas kerja, tidak akan ada prestasi. Hidup menjadi tidak berarti, hanya menghabiskan masa muda dengan mendambakan belas kasihan orang lain. Singkat kata, apabila anda ingin hidup dengan prestasi nyata, dan bermanfaat untuk masyarakat, anda wajib berdoa dengan tuntunan *Sanctitas*, dan anda wajib melakukan aktivitas kerja dengan dituntun oleh *Sanitas* dan *Scientia*. Lain dahulu, lain pula sekarang. Pada saat ini orang hidup berkompetisi. Siapa yang memiliki ilmu pengetahuan lebih akan maju satu langkah di depan dibandingkan dengan mereka yang kurang ilmu pengetahuan. Ciri di negara maju, masyarakatnya selalu berpikir dengan mengedepankan ilmu pengetahuan, logika, etika dan estetika dalam usaha, menggapai kesejahteraan hidup bersama. Para pimpinan masyarakat mempunyai semboyan kerja: **Apa yang dapat saya sumbangkan untuk negara, dan tidak pernah berpikir fasilitas apa yang diberikan oleh negara pada saya.** Tampaknya di negara dunia ketiga atau negara yang belum maju semboyan kerja yang dikejar dan dituntut oleh para pemimpin masyarakat adalah: **Fasilitas apa yang dapat diberikan oleh negara pada saya, tanpa memberikan imbalan prestasi kerja yang produktif dan kondusif bagi masyarakat**. Tampaknya semboyan kerja seperti yang tersebut terakhir ini berkembang di negara dunia ketiga. Keadaan yang timpang ini diperparah dengan adanya kerja yang meninggalkan kompetensi menuju asal kerja tanpa konsep yang jelas. Di negara seperti itu: **Orang yang menguasai ilmunya, tidak mempunyai otoritas untuk memutuskan suatu kebijakan, namun orang yang mempunyai otoritas untuk memutuskan tidak menguasai ilmunya.** Inilah yang membuat kebijakan

yang tidak merakyat, seperti halnya dalam mengelola sumber energi tak terbarukan dan sumber energi yang terbarukan.

Seperti Anda ketahui, sumber energi tak terbarukan antara lain minyak, gas dan batubara mampu "membakar" negara-negara industri yang hingga saat ini tergantung pada energi BBM, dan sebagian besar produk BBM dikuasai oleh negara yang menjadi anggota OPEC. Produsen minyak dunia ini telah mampu mengerek harga minyak mentah (*crude oil*) dengan nilai jual hingga 120 dollar US per barrel yang semula pernah berada pada harga 60 dollar US per barrel. Cadangan minyak dunia tampaknya juga mulai menipis, di lain pihak "konsumen BBM" justru makin meningkat. Dalam usaha untuk "memperlambat habisnya BBM dunia" apa yang harus dilakukan?. Usaha apa saja yang telah dan akan dilakukan? Negara-negara yang sadar dan telah menguasai teknologi mencoba mencari sumber energi lain sebagai sumber energi alternatif untuk "mengurangi pemakaian" BBM dengan cara menggali sumber energi tak terbarukan yang hingga saat ini masih dipandang dengan sebelah mata. Buku ini mencoba mengulas secara singkat sumber energi tak terbarukan untuk memberi gambaran pada pembaca "keadaan yang telah mencapai titik kritis" pemakaian BBM yang tiada mungkin berhenti. Selain itu diuraikan pula berbagai sumber energi alternatif yang merupakan sumber energi terbarukan yang hingga saat ini belum digarap secara optimal. Dengan harapan, Anda dan rekan-rekan dapat mencoba sebagai ***entrepreneur*** dengan menumbuhkan sumber energi berbasis pada kekayaan lokal dan kearifan lokal yang tiada akan habis. Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua teman seprofesi yang telah memberi masukan dan mendorong agar buku ini segera terbit. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Gadjah Mada University Press yang telah menerbitkan buku ini dan menghadirkannya di tangan para pembaca. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga disampaikan kepada Majelis Guru Besar Universitas Gadjah Mada yang telah memberi hibah dana penulisan buku ini. Harapan penulis, buku ini bermanfaat dan memberi inspirasi kepada siapa saja terutama kepada pembaca muda untuk berkreasi menjadi seorang *entrepreneur*.

Yogyakarta, 24 November 2013.
Penulis,

Prof. Ir. Sukandarrumidi M.Sc., Ph.D.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB 1
PENDAHULUAN

Orang hidup harus optimis dan memiliki fondasi yang kuat. Optimisme muncul bila anda bekerja dengan konsep ilmiah dan berani menghadapi risiko kegagalan. Ilmiah artinya mencari kebenaran, bukan mencari pembenaran, berdasarkan atas logika dan pola pikir yang sehat. Untuk menjalani hidup di dunia ini diperlukan pula fondasi yang kuat. Salah satu fondasi itu, adalah **[3S],** yaitu *Sanctitas, Sanitas* dan *Scientia.*

(1) *Sanctitas*, diartikan kesucian, kejujuran bertitik tolak pada pola pikir ilmiah. Kejujuran pada diri sendiri dan pada orang lain, dan selalu ingat pada Sang Pencipta. Yang benar dikatakan benar, tidak pernah ada keinginan *memelintir* yang salah menjadi benar dengan berbagai cara, bila perlu dengan kekuasaannya. Berlapang dada dan berani mengakui kesalahan yang telah diperbuatnya sesuai dengan data dan informasi yang ada. Tidak berkenan mencari kesalahan orang lain untuk kepentingan diri sendiri. Mampu menunjukkan yang benar sesuai dengan kaidah-kaidah yang bersifat universal.

(2) *Sanitas*, artinya kesehatan. Hanya mereka yang sehat jasmani dan rohani dapat berpikir secara jernih bertitik tolak pada pola pikir ilmiah, menjauhkan diri pada mitos. Sehat jasmani mampu mendorong melaksanakan tugas sesuai dengan profesi dan keahliannya. Sehat rohani menuntun Anda untuk selalu ingat pada Sang Pencipta yang mengarahkan dan menuntun pada kejujuran hakiki.

(3) *Scientia*, artinya pengetahuan. Mengerjakan segala sesuatu sesuai dengan konsep-konsep ilmu pengetahuan dengan tujuan utama, mencari dan menemukan kebenaran hakiki demi kesejahteraan umat manusia. Tanggap dan mau menerima kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) untuk kemajuan dan keselamatan umat manusia. Hanya mereka yang mau menyisihkan waktu untuk mempelajari ilmu dan menimba pengetahuan dari orang lain, akan tenang dalam mengarungi bahtera kehidupan di masyarakat.

Sebagai manusia yang beriman, dalam menjalani kehidupan yang penuh dengan dinamika, persaingan dan tantangan, Anda harus optimis, harus beraktivitas yang produktif, disertai doa dengan harapan mohon Sang Pencipta selalu menunjukkan jalan yang benar. Ketiga komponen tersebut dapat dirumuskan dengan formula yang sangat sederhana, dan semua orang mampu melaksanakan. Formula tersebut adalah sebagai berikut:

Hasil kerja = doa + kegiatan yang produktif

Uraian berikut akan memperjelas makna dari formula itu.

- Doa diawali dengan memohon petunjuk dan lindungan Tuhan yang Maha Esa, sesuai dengan kepercayaan masing-masing dengan tujuan “tunjukkanlah pada hamba-Mu ini untuk melaksanakan kegiatan dengan penuh kejujuran. Tunjukkan jalan yang benar dan luruskan ke arah yang benar bila hamba-Mu mulai tampak menunjukkan kebodohan”. Jujur terhadap diri sendiri dan jujur pada orang lain, mampu mengatasi dan menyelesaikan kesulitan yang sedang dihadapi.
- Berkiblat pada doa, Anda harus melakukan kegiatan yang produktif, memanfaatkan kreasi dan inovasi sesuai dengan lingkungan dan adat-istiadat serta kearifan lokal, yang dituntun dan disinari dengan pelita ilmu pengetahuan dan teknologi dalam memanfaatkan sumber daya yang ada, sesuai dengan tujuan misi dan visi institusi.

Dengan doa dan kegiatan yang produktif, diyakini Anda akan mendapatkan hasil. Perlu diingat: bila Anda hanya melakukan kegiatan yang produktif saja, tanpa doa, dalam melaksanakan kegiatan tersebut Anda akan terbawa arus yang kadang-kadang menjerumuskan diri Anda pada kegiatan yang tidak mulia, berlagak jujur dengan motivasi menghancurkan sesama, mengambil barang/rezeki yang bukan miliknya. Menyimpang dari tata krama, sopan santun, mencari jalan pintas demi mendapatkan prestasi dengan konsep ABS (asal bapak senang). Bila Anda hanya berdoa tanpa melakukan kegiatan, Anda hanya mengkhayal, hanya bermimpi, hanya merencanakan dengan harapan akan mendapatkan sesuatu yang Anda inginkan. Namun itu hanya bayang-bayang saja, merupakan fatamorgana yang tidak akan “membahagiakan” kebutuhan fisik. Anda selalu membayangkan semua itu hanya dengan akan dan akan selalu, tanpa tindak lanjut. Anda harus yakin, dengan berdoa, diikuti dengan melaksanakan

kegiatan yang bersinergi, Anda pasti mendapatkan hasil yang memuaskan diri Anda dan juga memuaskan masyarakat. Hasil selalu berkorelasi dengan macam kegiatan yang Anda lakukan.

Sudah seharusnya diakui, dan tidak perlu dibantah dengan berbagai macam *alibi* bahwa kebutuhan hakiki manusia supaya dapat hidup dan bertahan hidup tergantung pada: (1). Tanah, (2). Air, (3). Angin dan (4). Api. Keempat komponen tersebut telah disediakan oleh alam, manusia tinggal memanfaatkan dengan bijak demi kelangsungan hidup masyarakat yang sejahtera. Apabila manusia dalam memanfaatkan empat komponen itu dilakukan secara berlebihan dan tidak mengenal waktu, akan berlanjut pada bahaya, yang dapat meningkat ke bencana dan berakhir pada pemusnahan manusia.

Dalam sejarah kehidupan manusia di dunia, diwarnai oleh dua hal yang selalu bertentangan, yaitu perbuatan yang baik dan perbuatan yang buruk, kelompok yang lemah dan kelompok yang kuat. Kelompok yang disebut terakhir ini ingin menguasai dunia dengan memanfaatkan kelompok yang lemah untuk dijadikan obyek. Untuk mencapai tujuan itu, kelompok yang kuat selalu mengedepankan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) sebagai senjata utama. Perlu diketahui bahwa sifat IPTEK itu tiada berbatas dan bersifat netral. Siapa saja boleh dan dibenarkan untuk memanfaatkan, mempelajari dan mencipta. Namun demikian IPTEK juga mengenal etika dan estetika. Penguasa IPTEK tidak boleh berbuat apa yang dapat diperbuat. Kealpaan akan konsep tersebut cepat atau lambat pasti akan berakibat pada kesengsaraan umat manusia. Semula orang beranggapan **teknometrika** (teknologi mekanik dan elektronika) sudah mampu menghantarkan manusia untuk mencapai ambisi yang tiada berujung, namun wajib didampingi dengan rasa keadilan sosial untuk sesama dan peradaban pada sesama serta berpedoman pada konsep universal yang humanis.

Penciptaan mesin-mesin mekanik yang dikombinasi dengan elektronika telah melahirkan istilah teknometrika (teknologi mekanik dan elektronika). Dengan teknometrika manusia sudah berhasil menciptakan:

- Alat-alat medis yang berbasis ***teknometrika***, misal: alat rontgen, Ultra Sonografi (USG).
- Alat perekam data biologis yang berbasis *teknometrika*, misal e-kartu penduduk, perekam DNA.
- Alat-alat teknologi informatika yang sarat dengan *teknometrika*, misal internet, radar.
- Alat-alat pengamat meteorologi, klimatologi dan geofisika yang sarat dengan *teknometrika* misal alat seismograf, satelit.

- Berbagai macam robot yang penuh dengan peralatan *teknometrika*.
- Panel pengendali di ruang *Cockpit* pesawat terbang yang penuh dengan muatan *teknometrika.*
- Berbagai macam peralatan pengendali dan pengatur PLTN yang sarat dengan *teknometrika.*
- Alat-alat pengendali peluru kendali yang sarat dengan *teknometrika*, misal rudal.
- Alat perekam gempa tektonik, dan perekam tsunami yang berbasis *teknometrika*.
- Alat pengendali pesawat tanpa awak yang berbasis *teknometrika.*
- Pesawat terbang Concord yang dilengkapi dengan alat navigasi yang berbasis *teknometrika*.
- Pesawat ulang alik Discovery ciptaan Amerika Serikat (yang telah mengakhiri masa tugasnya selama 30 tahun pada hari Kamis 19 April 2012) menjadi pesawat ruang angkasa pertama dari armada pesawat ulang alik AS yang telah diabadikan di Museum Boston AS. Pesawat ulang alik Discovery ini penuh dengan peralatan yang berbasis *teknometrika*.

Gambar 1.1. Pesawat Concorde (gambar kiri), pesawat ulang alik Discovery yang saat ini telah dimuseumkan (gambar kanan).`

Keterangan gambar

Concorde adalah sebuah pesawat terbang supersonik yang merupakan satu dari dua jenis pesawat penumpang supersonik yang pernah melayani jalur transportasi secara komersial. Pesawat supersonik lainnya tersebut adalah Tupolev Tu-144 milik Rusia yang juga ditengarai adalah hasil spionase dari Concorde. Concorde memiliki kecepatan jelajah 2,04 Mach (kecepatan suara) dan ketinggian terbang hingga 60.000

kaki (17.700 meter) dengan konfigurasi sayap delta dan evolusi mesin yang dilengkapi dengan mesin jet afterburner awalnya dikembangkan untuk pesawat pengebom strategis (bomber) Avro Vulcan. Penerbangan komersial yang dioperasikan oleh British Airways dan Air France ini dimulai pada 21 Januari 1976 dan berakhir pada 24 Oktober 2003, dengan penerbangan terakhir pada 26 November tahun yang sama. Concorde Tipe: pesawat terbang supersonik, diproduksi: BAC (sekarang BAE sistem) Aerosptiale (sekarang EADS), terbang perdana: 2 Maret 1969, dipensiun: 26 November 2003, Status: pensiun (tidak layak terbang), pengguna: British Airways, Air France, Braniff International Airways, Singapura Airlines, jumlah produksi: 20 unit (6 unit yang bukan pesawat komersial. Harga satuan: 23 juta poundsterling pada 1977.

Pesawat ulang alik Discovery milik NASA Amerika Serikat, diterbangkan pertama kali 30 Agustus 1984. Nama Discovery berasal dari nama HMS Discovery sebuah kapal laut Inggris Raya yang pernah digunakan sang penjelajah James Cook. Hingga pensiun Discovery telah mengadakan 39 penerbangan, menghabiskan kurang lebih 365 hari (satu tahun) di angkasa. Pada 29 Oktober 1998 Discovery membawa astronot John Glenn yang pada saat itu berumur 77 tahun. Pada 24 Februari 2011 merupakan penerbangan Discovery yang terakhir. Setelah pensiun pesawat ulang alik Discovery diserahkan oleh NASA ke Museum Smithsonian Institution National Air and Space Museum sebagai koleksi nasional dan display ke publik di Steven-Hazy Center di Virginia, Amerika Serikat.

Pesawat ulang-alik milik Badan Luar Angkasa Amerika (NASA), Senin (16/4/2012), melakukan persiapan untuk perjalanan terakhir. Namun, bukan ke luar angkasa, melainkan menuju museum di kawasan Washington DC, ibu kota Amerika Serikat. NASA memensiunkan pesawat ulang-alik Discovery dari misi ke luar angkasa. Dan, Selasa (17/4/2012) ini, Discovery akan meninggalkan pusat luar angkasa Kennedy di Cape Canaveral, Florida, untuk tidak kembali lagi ke sana. Discovery kali ini akan menumpang di atas Boeing 747, yang memang disiapkan khusus untuk membawa pesawat luar angkasa seperti Discovery. Pada hari Selasa siang, Boeing 747 akan lepas landas ke Washington. Sebuah upacara selamat tinggal akan dilakukan Boeing 747 dengan Discovery di atasnya melintasi Cape Canaveral, sebelum terbang ke utara, yaitu ke Washington. Para pekerja di pusat luar angkasa Kennedy sejak Senin mengambil gambar bersama di depan Discovery. Enam astronot yang terbang dengan Discovery pada perjalanan terakhir ke luar angkasa sekitar satu tahun lalu juga hadir dalam perayaan selamat tinggal yang penuh emosional. Discovery merupakan pesawat ulang-alik pertama dari tiga pesawat sejenis milik NASA yang akan segera masuk museum. Discovery akan menuju Lembaga Smithsonian, tempat parkirnya yang terakhir Pesawat ulang-alik (bernama resmi: Space Transportation System atau STS; lebih populer dengan NASA's Space Shuttle atau Space Shuttle saja) adalah pesawat luar angkasa milik Amerika Serikat yang digunakan dalam misi penerbangan luar angkasa berawak. Pesawat ulang alik – tidak seperti pesawat luar angkasa lainnya – badan utama pesawat ulang-alik dapat digunakan kembali di lain waktu. Pesawat jenis ini hanya dimiliki oleh NASA, badan antariksa Amerika, dalam beberapa jenis. Sempat dibuat 5 buah, di mana sekarang